

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 22 APR 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

102 12 940.1

**Anmeldetag:**

22. März 2002

**Anmelder/Inhaber:**

LEYBOLD VAKUUM GMBH, Köln/DE

**Bezeichnung:**

Exzenterpumpe und Verfahren zum Betrieb dieser  
Pumpe

**IPC:**

F 04 C 18/107

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. Februar 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

W. H. H. H. H.

## **Exzenterpumpe und Verfahren zum Betrieb dieser Pumpe**

Die Erfindung bezieht sich auf eine Pumpe mit einem Gehäuse mit Einlass und Auslass, mit einem ortsfesten, zu einer Mittelachse der Pumpe zentrisch angeordneten Zylinder, mit einem im Zylinder exzentrisch kreisenden Verdränger, mit einem Kurbelantrieb für den Verdränger, mit einem umlaufenden, sichelförmigen Förderarm zwischen dem Zylinder und Verdränger und mit einem sichelförmigen Dichtelement im Förderraum. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Betrieb dieser Pumpe.

Eine Pumpe mit den genannten Merkmalen ist aus der EP-A-464 683 bekannt. Sie hat die Funktion eines Kompressors und ist vorzugsweise dazu bestimmt, das Gas eines Kältekreislaufs zu komprimieren.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Pumpe der eingangs genannten Art so zu gestalten, dass sie als trocken laufende Vakuumpumpe eingesetzt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der Patentansprüche gelöst.

In den vergangenen Jahren haben die Kunden der Hersteller von Vakuumpumpen immer häufiger trocken laufende Vakuumpumpen benötigt. Darunter sind Pumpen zu verstehen, deren Schöpfräume schmiermittelfrei sind. Bei Pumpen dieser Art besteht nicht mehr die Gefahr, dass Kohlenwasserstoffe in die von den Pumpen zu evakuierenden Kammern diffundieren und die darin ablaufenden Prozesse (Halbleiterproduktion, Bedampfungsprozesse, chemische Prozesse usw.) stören.

Trocken laufende Drehschiebervakuumpumpen sind bekannt. Die reibenden Teile (Schieber, Schöpfrauminnenwand) haben eine vergleichsweise hohe Relativgeschwindigkeit. Die Lebensdauer der Schieber und damit der Pumpen selbst ist deshalb begrenzt. Für den Trockenlauf geeignete Vakuumpumpen sind Scrollpumpen. Sie umfassen ein ortsfestes und ein kreisendes Bauteil, die spiralförmige, ineinander greifende Förderelemente tragen. Ihre Herstellkosten sind hoch. Außerdem müssen sie häufig gewartet werden, um einen zuverlässigen Dauerbetrieb sicher zu stellen. Auch trockene Kolbenvakuumumpen werden auf dem Markt angeboten. Ihre Herstellkosten sind ebenfalls hoch, ihr Bauvolumen ist groß. Nachteilig sind weiterhin Geräuschentwicklungen und die nicht vermeidbaren Vibrationen. Schließlich sind trockene Zweiwellen-Vakuumpumpen (Schrauben-, Roots-, Klauen-Vakuumpumpen) bekannt. Sie haben Pumpleistungen ab etwa  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ . Herstellung und Einsatz von Vakuumpumpen die-

ser Art sind jedoch bei Saugvermögen unter  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  meist nicht mehr wirtschaftlich.

Die erfindungsgemäße Exzenter-Vakuumpumpe weist die erwähnten Nachteile nicht mehr auf. Eine Reibung findet im wesentlichen nur noch bei der Bewegung des wendelförmigen Dichtelementes in seiner Nut statt. Wesentlich geringfügiger ist die Reibung zwischen dem Dichtelement und der Innenwand des Zylinders oder der Außenfläche des Verdrängers, je nach dem wo sich die das Förderelement führende Nut befindet. Da der Displacer orbitiert, sind die Relativgeschwindigkeiten zwischen den reibenden Partnern jedoch nicht hoch, so dass ihr Verschleiß insbesondere beim Einsatz geeigneter Werkstoffe vernachlässigbar ist.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen an Hand von in den Figuren 1 bis 5 schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden. Es zeigen

- Figur 1 einen Schnitt durch eine Vakuumpumpe nach der Erfindung in einflutiger Ausführung mit beidseitig gelagertem Verdränger,
- Figur 2 einen Schnitt durch eine Vakuumpumpe nach der Erfindung in einflutiger Ausführung mit fliegend gelagertem Verdränger,
- Figur 3 einen Teilschnitt durch eine Vakuumpumpe nach der Erfindung in zweiflutiger Ausführung.

- Figur 4 einem Teilschnitt durch eine Vakuumpumpe nach der Erfindung mit zwei Stufen und fliegend gelagertem Verdränger sowie
- Figuren 5a, b, c Schnitte durch das wendelförmige Dichtelement.

Die in Figur 1 dargestellte Vakuumpumpe 1 besitzt ein zylindrisches Gehäuse 2 mit Lagerdeckeln 3 und 4. An den Lagerdeckel 3 schließt sich der Antriebsmotor 5 an. Die Motorwelle 6 durchsetzt den Lagerdeckel 3 und stützt sich im Lager 7 ab. Die Motorwelle 6 ist Bestandteil eines rotierenden Systems 8, dessen Drehachse mit 9 bezeichnet ist und das sich mittels eines Wellenstutzens 11 über das Lager 12 im Lagerdeckel 4 abstützt.

Ein weiterer Bestandteil des rotierenden Systems 8 ist eine Kurbel 13, die sich in Höhe des zylindrischen Gehäuses 2 befindet. Mit  $e$  ist die Exzentrizität bezeichnet. Die Endabschnitte 14 und 15 der Kurbel 13 sind mit Lagern 16 und 17 ausgerüstet, auf denen sich ein hohler (Hohlraum 20) kreisender Verdränger 18 abstützt. Die kreisende Bewegung des im wesentlichen zylindrischen Verdrängers 18 findet um die Drehachse 9 statt. Die Kurbelachse ist mit 19 bezeichnet. Zur Sicherung der axialen Lage des Verdrängers 18 ist eines der beiden Lager 16, 17 - hier das Lager 16 - als Pendelrollenlager ausgebildet.

Das zylindrische Gehäuse 2, das gleichzeitig die Funktion des Zylinderstators der Pumpe 1 hat, ist zentrisch

zur Drehachse 9 angeordnet. Der Durchmesser des Verdrängers 18 ist so gewählt, dass er die Innenwand des Gehäuses 2 nicht berührt. Der kleinste Abstand zwischen Gehäuse 2 und Verdränger 18 soll so klein wie möglich sein, zweckmäßig wesentlich kleiner als 1 mm, z.B. 0,2 mm.

Zur Verhinderung der Drehbewegung eines kreisenden Verdrängers ist es bekannt, Drehmomentstützen (Oldham-Kupplung, Blatt-, Drahtfedern o. dgl.) einzusetzen. Bei der Ausführung nach Figur 1 ist hierfür ein zusätzlicher mitdrehender Exzenter vorgesehen und mit 21 bezeichnet. Er stützt sich über Stümpfe im Verdränger 18 und im Lagerdeckel 4 ab. Für seine drehbare Lagerung im Verdränger 18 und im Lagerdeckel 4 können z. B. trockene Gleitlager oder fettgeschmierte Wälzlager eingesetzt werden (nicht dargestellt). Für eine eindeutige Kinematik des Verdrängers 18 müssen mindestens 2 Exzenter 21 eingesetzt werden, die z. B. um  $120^\circ$  versetzt angeordnet sind. Die dargestellte Kinematik führt zu einer Drehbewegung des Verdrängers 18 relativ zur Kurbel 13 mit der Drehachse 19.

Der mittlere, im wesentlichen zylindrische Abschnitt 22 der Kurbel 13 mit seiner Achse 23 ist ebenfalls exzentrisch zur Drehachse 9 angeordnet, und zwar mit der Exzentrizität  $E$ . Die Richtungen der Exzentrizitäten  $e$  und  $E$  sind einander entgegen gerichtet. Die Exzentrizität  $E$  und die Masse des mittleren Abschnittes 22 sind so gewählt, dass die Unwucht-Kräfte, die die Massen der sich drehenden Kurbelabschnitte 14 und 15 mit den Lagern 16 und 17 sowie die Masse des kreisenden Verdrängers 18

während des Betriebs der Pumpe 1 verursachen, kompensiert werden:

Zwischen dem Gehäuse 2 und dem Verdränger 18 befindet sich der sichelförmige Förderraum 26. Ein wendelförmiges Dichtelement 27 bildet Förderkammern, die sich vom Einlass 28 der Pumpe 1 zum Auslass 29 bewegen. Einlassseitig werden laufend sich bei der Kreisbewegung des Verdrängers 18 schließende Förderkammern gebildet, die sich erst auslassseitig wieder öffnen. Bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform befindet sich der Einlass 28 am Deckel 4. Eine Auslasskammer 29 befindet sich im Deckel 3. Ein sich daran anschließender Auslassstutzen ist nicht dargestellt.

Das Dichtelement 27 ist ein wendelförmiges flexibles, im Querschnitt langgestreckt, sichelförmiges Band. Es ist in einer Nut 30 im Verdränger 18 geführt. Im entspannten Zustand hat das Dichtelement 27 einen Außendurchmesser, der etwas größer als der Innendurchmesser der Bohrung im Zylinder 2 ist. Dadurch steht es im montierten Zustand unter einer radial nach außen wirkenden Vorspannung, so dass eine dichte Anlage des Dichtelementes 27 an der Innenwand des Gehäuses 2 gewährleistet ist. Die Breite  $b$  des Dichtelementes 27 ist größer als der zweifache Betrag der Exzentrizität  $e$ . Dadurch werden der geschlossene Zustand der Förderkammern während ihrer Bewegung vom Einlass 28 zum Auslass 29 sowie eine sichere Führung des Dichtelementes 27 in der Nut 30 gewährleistet und Rückströmungen verhindert. Das Spiel des Dichtelementes 27 in der Nut 30 sollte möglichst klein sein, z.B. 0,2 mm.

Obwohl zwischen dem Gehäuse 2 und dem Dichtelement 27 eine maßgebliche Reibung nicht stattfindet, wird auf das Dichtungselement 27 während des Betriebs der Pumpe 1 ein Drehmoment durch die Reibung zwischen Dichtungselement 27 und Nut 30 ausgeübt. Eine daraus resultierende axiale Verschiebung des Bandes 27 wird zweckmäßig durch Sperren verhindert. Eine derartige Sperre kann z.B. als Anschlag in der Nut 30 des Verdrängers 18 ausgebildet sein. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass ein Endabschnitt des Dichtelementes 27 am Gehäuse 2 oder an einem Lagerdeckel 3,4 derart fixiert ist, dass es sich nicht um die Achse 9 drehen kann, in axialer Richtung jedoch geringfügigen Bewegungsspielraum aufweist (vgl. Fig. 2).

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführung nimmt die Steigung der Nut 30 im Verdränger 18 und damit auch die Steigung des Dichtelementes 27 vom Einlass 28 zum Auslass 29 kontinuierlich ab. Dieses gilt ebenfalls für die Volumina der vom Einlass 28 zum Auslass 29 wandernden Förderkammern, so dass eine Kompression der angesaugten Gase stattfindet. Um zu Beginn einer Evakuierungsphase unzulässig hohe Überdrücke in der Pumpe zu vermeiden, ist ein Entlastungsventil 32 vorgesehen. Es befindet sich zwischen Einlass 28 und Auslass 29 und öffnet eine Bohrung 33 im Gehäuse 2, wenn unzulässig hohe Drücke auftreten. Die Entlastung findet über Kanäle 34, 35 statt, die unmittelbar zum Auslass 29 führen.



Bei der Ausführung nach Figur 1 muss verhindert werden, dass zum einen der Hohlraum 20 des Verdrängers 18 einen Kurzschluss zwischen Einlass 28 und Auslass 29 bildet und dass zum anderen Kohlenwasserstoffe aus diesem Hohlraum 20 in den Bereich des Einlasses dringen. Diese Aufgaben erfüllen zum einen die Dichtungen 41, 42, die die Durchtritte der Endabschnitte 14, 15 der Kurbel 13 durch die stirnseitigen Öffnungen im Verdränger 18 abdichten. Zweckmäßig ist es darüber hinaus, für die Schmierung der Lager 16, 17 kohlenwasserstofffreies Fett zu verwenden. Schließlich ist es vorteilhaft, im Innenraum 20 des Verdrängers einen Unterdruck, z. B. 80 mbar, aufrecht zu erhalten. Dieses kann über eine Bohrung 43 in der Verdrängerwandung geschehen. Sie mündet in den Förderraum 26, und zwar in den Bereich, in dem der im Hohlraum des Verdrängers gewünschte Innendruck herrscht. Durch diese Maßnahme wird die der Dichtung 42 anliegende Druckdifferenz erheblich reduziert.

Die in Figur 2 dargestellte Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausführung nach Figur 1 dadurch, dass sich das rotierende System 8 sowie der darauf gelagerte Verdränger 18 fliegend auf der Welle 6 abstützen. Die Welle 6 selbst stützt sich über das Lager 7 im Pumpengehäuse 2 und einem weiteren, nicht dargestellten Lager im Motorgehäuse ab. Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass der hohle Innenraum 20 des Verdrängers 18 ansaugseitig dicht abgeschlossen werden kann (Deckel 44). Zur Verhinderung der Drehbewegung des Verdrängers 18 ist eine Oldham-Kupplung 45 vorgesehen. Das Dichtelement 27 ist mittels eines Axialstiftes 46 am Deckel 4 fixiert. Der Stift 46 durchsetzt eine Bohrung 47 im Dichtelement

27, die eine Drehung des Bandes um die Achse 9 verhindert, ein Spiel in axialer Richtung jedoch zulässt.

Zwei Varianten für eine Gasballastzufuhr sind dargestellt. Bei einer ersten gelangt das Ballastgas über eine Leitung 51 von außen durch eine im einzelnen nicht dargestellte Bohrung im Gehäuse 2 in den Förderraum 26. In der Leitung 51 befinden sich ein Absperrventil 52, ein Rückschlagventil 53 und ein Differenzdruckventil 54. Eine Gasballasteinrichtung dieser Art ist aus der DE-A-199 62 445 bekannt.

Bei der zweiten Variante erfolgt die Zufuhr des Ballastgases über den Hohlraum 20 des Verdrängers 18. Ein Kanalsystem 55 im rotierenden System 8 bildet die Verbindung nach außen. Über das Kanalsystem zugeführtes Ballastgas (Pfeile 56) gelangt über eine Bohrung (gestrichelt dargestellt) in der Verdrängerwand in den Förderraum 26. Der Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass der Verdränger von innen durch das Ballastgas gekühlt wird.

Bei der Ausführung nach Figur 2 verlassen die von der Pumpe geförderten Gase den Förderraum 26 über die Bohrung 59 im Gehäuse 2. Diese mündet in den Kanal 34, der mit dem Auslass 29 der Pumpe in Verbindung steht. Die kreisende Bewegung des Verdrängers 18 und die Steigung der wendelförmigen Nut 30 sind so gewählt, dass sich die einzelnen Förderkammern im Förderraum 26 während des Betriebs der Pumpe 1 vom Einlass 28 bis zur Bohrung 59 bewegen (Pfeile 61). Bei der dargestellten Ausführung erstreckt sich der Verdränger 18 mit seinem Ab-

schnitt 62 über die Bohrung 59 hinaus. Dieses gilt auch für die Nut 30. Allerdings ist die Steigung der Nut 30 so gewählt, dass ein weiteres, unabhängiges Dichtelement 27') Förderkammern bildet, die der Förderrichtung zwischen Einlass 28 und Bohrung 59 entgegen gerichtet ist (Pfeile 63). Letztlich ist die Pumpe zweiflutig ausgebildet. Sie weist zwei Pumpstufen auf, die von den jeweiligen Stirnseiten aus in Richtung Bohrung 61 fördern. Wird eine Verbindung zwischen dem Hohlraum 20 des Verdrängers und der Saugseite des Abschnittes 62 hergestellt (Pfeile 64), besteht die Möglichkeit, den Hohlraum 20 auf einem Unterdruck zu halten. Darüber hinaus kann eine wirksame Kühlung der Pumpe realisiert werden. Über das Kanalsystem 55 im rotierenden System 8 in den Hohlraum 20 einströmendes Kühlgas gelangt auf die Saugseite des Abschnittes 62 und wird gemeinsam mit dem geförderten Gas durch die Bohrung 59 und den Auslass 29 aus dem Förderraum 26 entfernt. Auf diese Weise wird zudem verhindert, dass Gas vom Einlass 28 der Pumpe in den Hohlraum 20 und zu den darin befindlichen Lagern 7, 16 und 17 gelangen kann. Das ist z.B. wünschenswert, wenn korrosive oder ätzende Gase gefördert werden sollen.

Figur 3 zeigt eine zweiflutige Ausführung mit einem mittleren Einlaß 28 und zwei stirnseitigen, nur durch Pfeile angedeuteten Auslässen 29 und 29'. Seitlich vom Einlaß 28 befinden sich zwei Pumpabschnitte, von denen nur einer dargestellt ist. Der nicht sichtbare Abschnitt ist spiegelbildlich zum sichtbaren Abschnitt ausgebildet. Sie fördern jeweils vom Einlaß 28 zum Auslass 29 bzw. 29'. Das rotierende System 8 (Achse 9) so-

wie der kreisende Verdränger 18 erstrecken sich über die gesamte Länge der Pumpe 1. Der Antrieb erfolgt über den Motor 5 und eine im einzelnen nicht dargestellte Kupplung. Zwei Dichtelemente 27, 27' bilden Förderkammern, die von innen nach außen wandern. Im Gegensatz zur Ausführungsform nach Figur 1 befinden sich die die Dichtelemente 27, 27' führenden Nuten 30, 30' im Gehäuse 2. Die jeweils innere Schmalseite der Dichtelemente 27, 27' liegen der zylindrischen Außenwand des Verdrängers 18 an. Dieses wird dadurch erreicht, dass die wendelförmigen Dichtelemente 27, 27' im entspannten Zustand einen Durchmesser haben, der kleiner als der Außendurchmesser des Verdrängers 18 ist.

Der besondere Vorteil der Ausführungsform nach Figur 3 liegt darin, dass die beiden Auslässe 29, 29' stirnseitig angeordnet sind. Die beiden Stirnseiten des Verdrängers müssen nicht mehr vakuumdicht verschlossen sein. Es besteht sogar die Möglichkeit, die Pumpe so zu modifizieren, dass ein Kühlmittel - z. B. von einem Ventilator erzeugte Kühlluft - den Hohlraum 20 durchströmt. Ein weiterer Vorteil ist, dass keine nennenswerten Axialkräfte auf die Lager ausgeübt werden, weil sich axiale Gas- und Reibkräfte jeweils kompensieren.

Bei der in Figur 4 dargestellten Ausführung handelt es sich um eine zweistufige Pumpe 1 nach der Erfindung. Sie weist ein äußeres Gehäuse 2 mit zwei wendelförmigen Nuten 30 und 30" auf, in denen jeweils ein Dichtelement 27, 27" geführt ist. Die Anordnung entspricht einem zweigängigen Gewinde. Die Dichtelemente 27, 27" liegen der zylindrischen Außenfläche des kreisenden Verdrän-

gers 18 an. Sie bilden Förderkammern, die im sichelförmigen Förderraum 26 von der freien Stirnseite 31 des Gehäuses 2 zum Auslass 29 der Pumpe 1 wandern.

Sowohl die Kurbel 13 (Kurbelabschnitt 14) als auch der kreisende Verdränger 18 sind derart fliegend gelagert, dass im Bereich der Stirnseite 31 Lagerungen nicht mehr erforderlich sind. Der Kurbelabschnitt 14 weist eine Stufe auf. Der Verdränger 18 stützt sich über die beiden Lager 16, 17 mit unterschiedlichen Durchmessern fliegend ab.

Bei der dargestellten zweistufigen Version ist der von den Dichtelementen 27, 27" und der Außenwand des Verdrängers 18 gebildeten Pumpstufe eine weitere Pumpstufe vorgelagert. Dazu ist der Verdränger 18 nach Art eines Doppeltopfes ausgebildet.

In einem der stirnseitigen Hohlräume befinden sich die Kurbel 13 sowie die Lager 16, 17. Im zweiten - gegenüber liegenden - Hohlraum 36 mit der Stirnseite 31 befindet sich die weitere Pumpstufe. Am Gehäuse 2 ist über einen Flansch 34 ein zylindrisches Bauteil 35 zentrisch zur Achse 9 befestigt, welches in den Innenraum 36 des Verdrängers 18 hinein ragt. Sein Durchmesser ist so gewählt, dass seine Außenwand und die Innenwand des Verdrängers 18 einen weiteren sichelförmigen Förderraum 37 bilden. Die Außenwand des zylindrischen Bauteils 35 (oder die Innenwand des Verdrängers 18) ist mit einer wendelförmigen Nut 38 ausgerüstet, in der ein weiteres Dichtelement 39 geführt ist.

Die vom Bauteil 35, Verdränger 18 und Dichtelement 39 gebildete Pumpstufe dient als erste Stufe einer zweistufigen Pumpe 1 nach der Erfindung. Sie fördert von der Lagerseite in Richtung Stirnseite 31. In diesem Bereich stehen die Förderräume 37 und 26 miteinander in Verbindung. Den Einlass 28 bildet eine zentrale Bohrung 60 im Bauteil 35. Die Steigungen der Nut 38 im Bauteil 35 und der Nuten 30, 30' im Gehäuse 2 sind konstant (einfach herstellbar) aber unterschiedlich groß gewählt. Die Steigung der Nut 38 ist größer als die Steigung der Nuten 30, 30'. Während ihres Durchganges durch die zweistufige Pumpe 1 findet eine Kompression der geförderten Gase statt. Ein besonderer Vorteil der beschriebenen Ausführung besteht darin, dass sich die Hochdruckstufe außen befindet. Die bevorzugt in der Hochdruckstufe entstehende Wärme kann in einfacher Weise abgeführt werden, sei es durch Kühlkanäle im Gehäuse 2 oder - wie dargestellt - durch relativ großflächige Kühlrippen 51.

Das wendelförmige Dichtelement 27, 27', 27'', 39 hat die Aufgabe, die sich von der Saugseite zur Druckseite bewegenden Förderkammern gegenseitig abzudichten. Außerdem soll die Reibungswiderstände zwischen dem Dichtelement und den beteiligten Bauteilen 2, 18, 35 minimal sein. In den Figuren 5a bis 5c sind besondere Gestaltungen des Dichtelementes 27 dargestellt. Bei der Ausführung nach Figur 5a liegt das Dichtelement 27 der Innenseite des Statorgehäuses 2 mit einer im wesentlichen axial gerichteten Dichtlippe 71 an. Die unter der Dichtlippe 71 befindliche Aussparung 72 ist zu der Seite mit dem höheren Druck offen, so dass eine flexible

und sichere Anlage der Dichtlippe 71 sicher gestellt ist. Die Ausführungen des Dichtelementes 27 nach den Figuren 5b und 5c weisen im Bereich der Nut 30 radial gerichtete und unterschiedlich lange Dichtlippen 73, 74 auf. Sie haben die Wirkung eines verminderten Reibungswiderstandes zwischen dem Dichtelement und den Nutseitenwänden.

Die beschriebenen Ausführungsbeispiele unterscheiden sich im wesentlichen in Bezug auf ihre Lagerungen sowie in Bezug auf Anzahl, Steigung und Wahl des Ortes der Führungsnuten für das bzw. die Dichtelemente. Vorsorglich wird darauf hingewiesen, das die beschriebenen Varianten bei jedem der beschriebenen Ausführungsbeispielen verwirklicht werden können. Die Erfindung erlaubt es, bei niedrigen Herstellkosten eine kompakte, trockenlaufende, geräusch- und vibrationsarme Vakuumpumpe herzustellen, die auch bei kleinen Pumptleistungen (unter  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ ) wirtschaftlich ist. Es reicht aus, wenn die Drehzahl der rotierenden Bauteile bei zwischen 1500 und 3600 U/min liegt. Die Kühlung der Pumpe ist einfach, da alle wesentlichen Bauteile Kontakt mit der Atmosphäre haben.

Von Bedeutung für die Lebensdauer der Pumpe ist die Auswahl der Werkstoffe für die reibenden Teile. Für das wendelförmige Dichtelement 27, 27', 39 haben sich PTFE oder ein PTFE-Compound bewährt, wie es auch in Kolben- oder Scrollvakuumpumpen zum Einsatz kommt. Der Verdränger 18 und/oder das Gehäuse 2 sowie das Bauteil 35 bestehen zweckmäßig aus einem Aluminiumwerkstoff, vor-

zugsweise aus einer hart anodisierten Aluminiumlegierung, z.B. AlMgSi1. Bei der Verwendung dieser oder ähnlicher Werkstoffe ist es möglich, trotz fehlender Schmiermittel im Förderraum hohe Gleitgeschwindigkeiten zwischen dem/den Dichtelement(en) und den zugehörigen Nuten zuzulassen. Die Gleitgeschwindigkeit hängt von der Drehzahl der Kurbel und von der Exzentrizität  $e$  ab. Je höher diese Werte sind, desto kompakter kann eine Pumpe mit einer bestimmten Pumpleistung gebaut werden. Zweckmäßig werden Drehzahl und Exzentrizität so gewählt, dass die Gleitgeschwindigkeit zwischen 1 und 5 m/sec, vorzugsweise 4 und 5 m/sec. liegt.



## Exzenterpumpe und Verfahren zum Betrieb dieser Pumpe

### PATENTANSPRÜCHE

1. Pumpe (1) mit einem Gehäuse (2) mit Einlass (28) und Auslass (29), mit einem Antrieb (5), mit einem ortsfesten, zu einer Mittelachse (9) zentrischem Zylinder (2), mit einem im Zylinder (2) exzentrisch kreisenden Verdränger (18), mit einem Kurbelantrieb (13) für den Verdränger (18), mit einem sich öffnenden, sichelförmigen Förderraum (26) zwischen Zylinder (2) und Verdränger (18) und mit einem wendelförmigen Dichtelement (27, 27', 27'', 39) im Förderraum (26) , dadurch gekennzeichnet, dass sie als trockene Vakuumpumpe ausgebildet ist und dass der Verdränger (18) berührungsfrei im Zylinder (2) kreist.
2. Pumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der kleinste Abstand zwischen Verdränger (18) und Zylinderinnenwand 1 mm, vorzugsweise 0,2 mm, nicht überschreitet.
3. Pumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylinder (2) Bestandteil des Pumpengehäuses ist.

4. Pumpe nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdränger (18) einen Hohlraum (20) aufweist.
5. Pumpe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (20) von einem Kühlgas durchströmt ist.
6. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (21, 45) vorgesehen sind, die eine Drehung des Verdrängers (18) um die Achse (9) des Zylinders (2) verhindern.
7. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (46, 47) vorgesehen sind, die eine Drehung des Dichtelementes um die Achse (9) des Zylinders (2) verhindern.
8. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenwand des Verdrängers (18) mit einer wendelförmigen Nut (30) für das Dichtelement (27) ausgerüstet ist.
9. Pumpe nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das wendelförmige Dichtelement (27) im entspannten Zustand einen Außendurchmesser hat, der größer als der Innendurchmesser des Zylinders (2) ist.
10. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwand des Zylinders

(2) mit einer wendelförmigen Nut (30) für das Dichtelement (27) ausgerüstet ist.

11. Pumpe nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das wendelförmige Dichtelement (27) im entspannten Zustand einen Innendurchmesser hat, der kleiner ist als der Außendurchmesser des Verdrängers (18).
12. Pumpe nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Dichtelement (27) im Bereich der Nut (30) etwa radial gerichtete Dichtlippen (73, 74) aufweist.
13. Pumpe nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Dichtelement (27) im Bereich seiner freien Stirnfläche eine wesentlich axial gerichtete Dichtlippe (71) aufweist.
14. Pumpe nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehr Nuten (30, 30') nach Art eines zwei- oder mehrgängigen Gewindes sowie eine entsprechende Anzahl von Dichtelementen (27, 27') vorgesehen sind.
15. Pumpe nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung der Nut (30, 30', 30'') vom Einlass (28) zum Auslass (29) zumindest abschnittsweise abnimmt.
16. Pumpe nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einem Entlastungsventil (32) ausge-

rüstet ist, das sich zwischen Einlass (28) und Auslass (29) befindet.

17. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein von einem Antrieb (5) über eine Welle (6) angetriebenes rotierendes System (8) mit einer Kurbel (13) vorgesehen ist, auf der sich der Verdränger (18) über Lager (16, 17) abstützt.
18. Pumpe nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das rotierende System (8) über zwei Kurbelabschnitte (14, 15) in beidseitig angeordneten Lagerdeckeln (3, 4) des Pumpengehäuses (2) gelagert ist.
19. Pumpe nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kurbelabschnitt (14) fliegend gelagert ist und dass sich der Verdränger (18) fliegend auf dem Kurbelabschnitt (14) abstützt.
20. Pumpe nach Anspruch 17, 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass Bestandteil des rotierenden Systems (8) mindestens ein Massenausgleichsgewicht (22) ist.
21. Pumpe nach den Ansprüchen 4 und 20, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Massenausgleichsgewicht (22) im Hohlraum (20) befindet.

22. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass sie zweiflutig ausgebildet ist.
23. Pumpe nach Anspruch 22, gekennzeichnet durch einen mittigen Einlass (28) und stirnseitig gelegenen Auslässen (29, 29').
24. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei- oder mehrstufig ausgebildet ist.
25. Pumpe nach Anspruch 19 und 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdränger (18) im wesentlichen die Form eines Doppeltropfes hat, dass sich in einem der stirnseitigen Hohlräume die Lager (16, 17) des Verdrängers und dass sich in dem anderen Hohlraum (36) eine zweite Pumpstufe befindet.
26. Pumpe nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass ein in den Hohlraum (36) hineinragendes, gehäusefestes Bauteil (35) mit einer zylindrischen Außenfläche gemeinsam mit der Innenwand des Verdrängers (18) die weitere Pumpstufe bildet.
27. Pumpe nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine das Bauteil (35) durchsetzende Bohrung (40) den Einlass bildet.
28. Pumpe nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Volumina der Förderkammern der saugseitigen Stufe größer sind als die

Volumina der Förderkammern der druckseitigen Pumpstufe.

29. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einer Gasballasteinrichtung ausgebildet ist.
30. Pumpe nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (2) mit einer Bohrung ausgerüstet ist, durch die über eine mit einem Ventil (52) ausgerüstete Leitung (51) Ballastgas zugeführt wird.
31. Pumpe nach den Ansprüchen 4 und 17, dadurch gekennzeichnet, dass das rotierende System (8) mit einem Kanalsystem (55) ausgerüstet ist, über das der Hohlraum (20) im Verdränger (18) mit der Umgebung in Verbindung steht.
32. Pumpe nach den Ansprüchen 29 und 31, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdränger (18) mit einer Bohrung (57) ausgerüstet ist und das das Kanalsystem (55) der Zufuhr von Ballastgas dient.
33. Pumpe nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Kanalsystem (55) der Zuführung von Kühlluft dient.
34. Pumpe nach den Ansprüchen 4, 22 und 33, gekennzeichnet durch eine Förderrichtung der beiden Pumpstufen von der jeweiligen Stirnseite her zu einer gemeinsamen Auslassbohrung (59), wobei eine

der Pumpstufen der Entfernung der Kühlluft aus dem Hohlraum (20) des Verdrängers (18) dient.

35. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Dichtelement aus einem PTFE enthaltenden Werkstoff und Verdränger (18) sowie Gehäuse (2) aus einem Aluminiumwerkstoff bestehen.
36. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Drehzahl und Exzentrizität so gewählt werden, dass die Gleitgeschwindigkeit zwischen dem Dichtelement und der Seitenwand der zugehörigen Nut zwischen 1 und 5 m/sec, vorzugsweise zwischen 3,5 und 5 m/sec, liegt.
37. Verfahren zum Betrieb einer Pumpe (1) mit einem Gehäuse (2) mit Einlass (28) und Auslass (29), mit einem Antrieb (5), mit einem ortsfesten, zu einer Mittelachse (9) zentrischem Zylinder (2), mit einem im Zylinder (2) exzentrisch kreisenden Verdränger (18), mit einem Kurbelantrieb (13) für den Verdränger (18), mit einem sichelförmigen Förderraum (26) zwischen Zylinder (2) und Verdränger (18) und mit einem wendelförmigen Dichtelement (27, 27', 27'', 39) im Förderraum (26), dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (1) als Vakuumpumpe betrieben wird, dass der Förderraum (26) schmiermittelfrei betrieben wird und dass der Kurbelantrieb (13) den Verdränger (18) derart führt, dass er berührungsfrei im Zylinder (2) kreist.

38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (1) mit innerer Kompression betrieben wird.
39. Verfahren nach Anspruch 37 oder 38 mit einer Pumpe (1), deren Verdränger (18) einen Hohlraum (20) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass im Verdränger (18) ein Unterdruck aufrecht erhalten wird.
40. Verfahren nach Anspruch 37 oder 38 mit einer Pumpe (1), deren Verdränger (18) einen Hohlraum (20) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (20) des Verdrängers (18) von Kühlluft oder Ballastgas durchströmt ist.



## Exzenterpumpe und Verfahren zum Betrieb dieser Pumpe

### ZUSAMMENFASSUNG

Pumpe (1) mit einem Gehäuse (2) mit Einlass (28) und Auslass (29), mit einem Antrieb (5), mit einem ortsfesten, zu einer Mittelachse (9) zentrischem Zylinder (2), mit einem im Zylinder (2) exzentrisch kreisenden Verdränger (18), mit einem Kurbelantrieb (13) für den Verdränger (18), mit einem umlaufenden, sichelförmigen Förderraum (26) zwischen Zylinder (2) und Verdränger (18) und mit einem wendelförmigen Dichtelement (27, 27', 27'', 39) im Förderraum (26); es wird vorgeschlagen, dass sie als trockene Vakuumpumpe ausgebildet ist und dass der Verdränger (18) berührungsfrei im Zylinder (2) kreist.

(Figur 1)

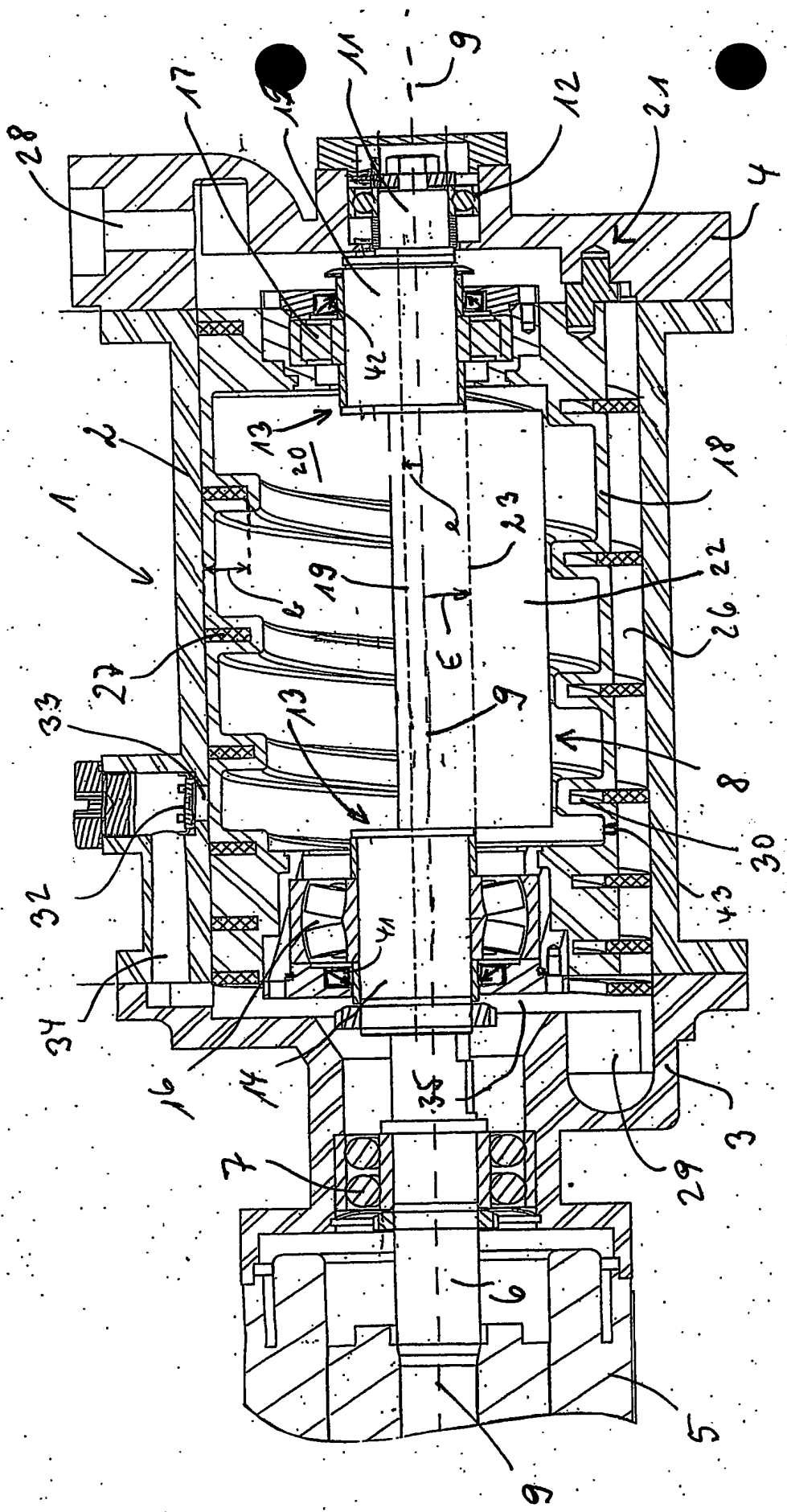


Fig. 1

121 00

214

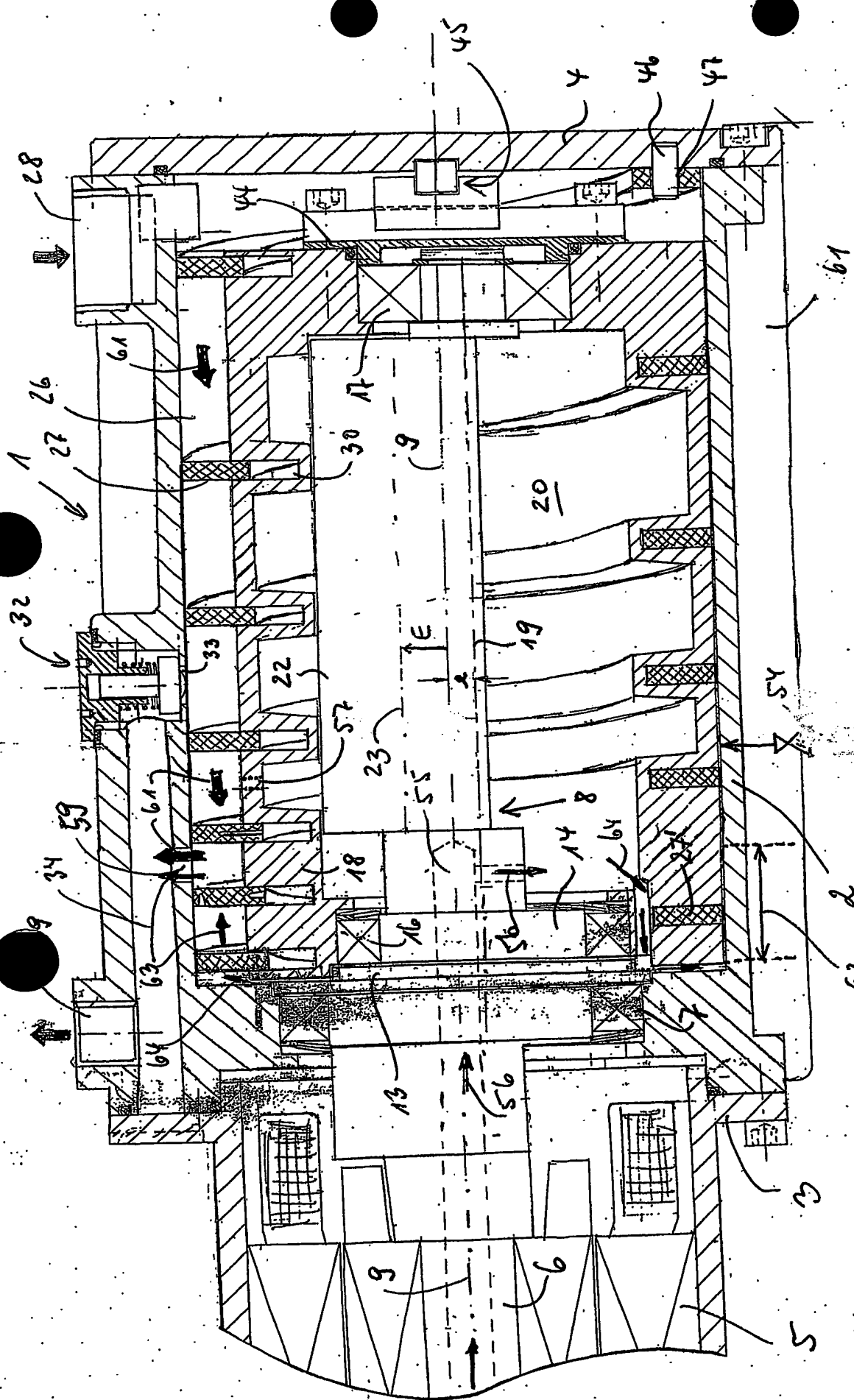
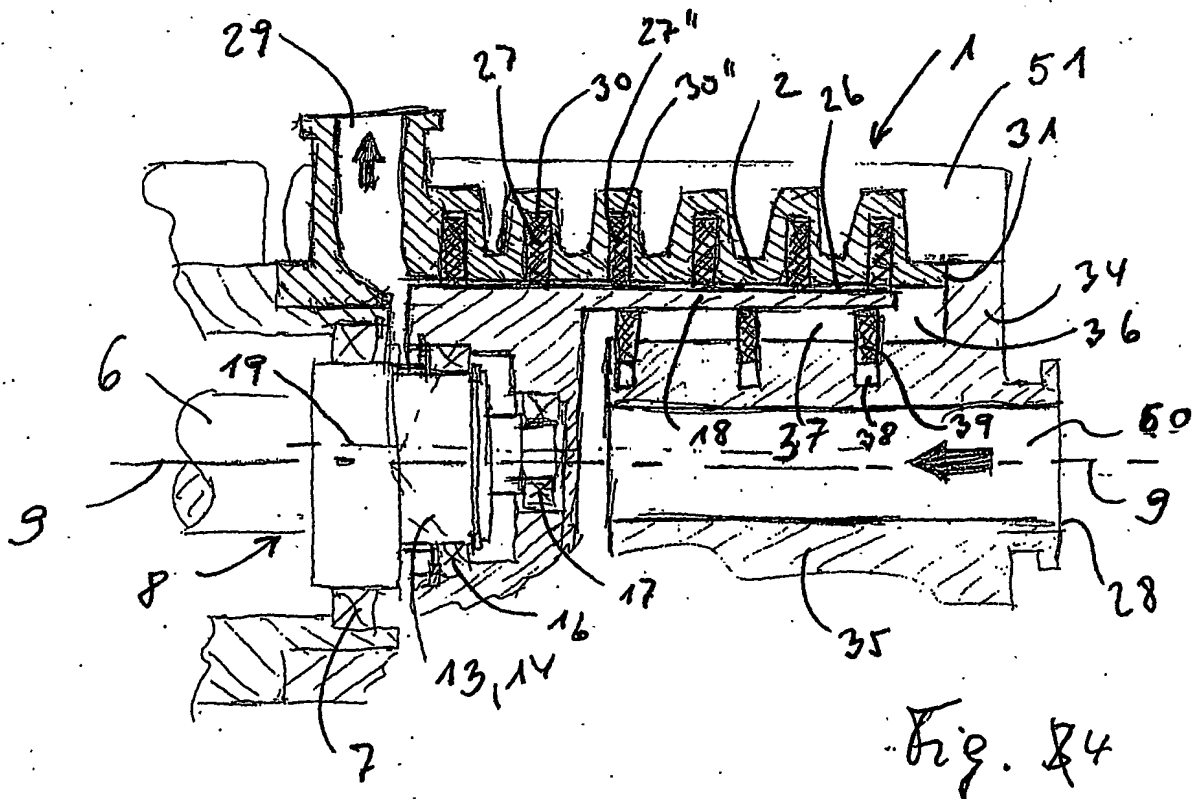
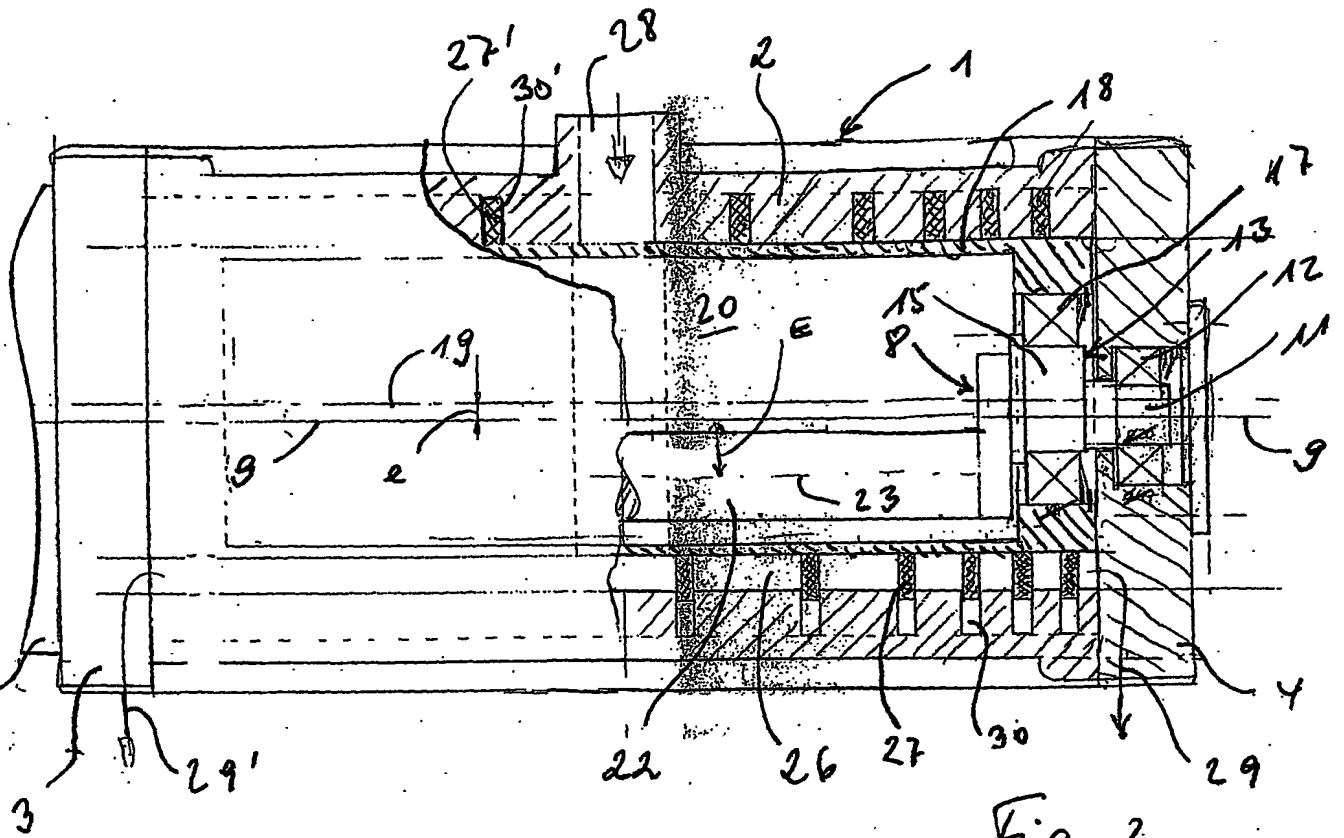
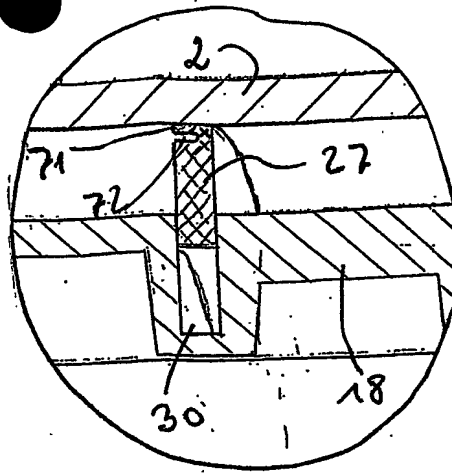
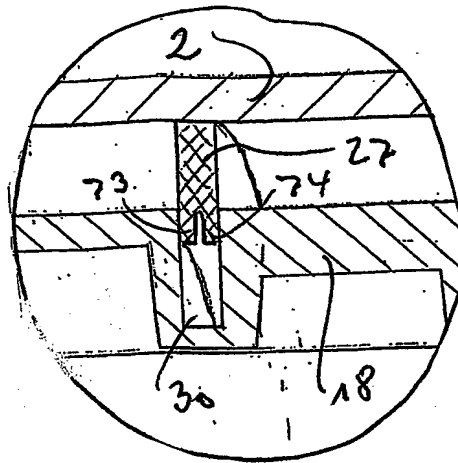


Fig. 2

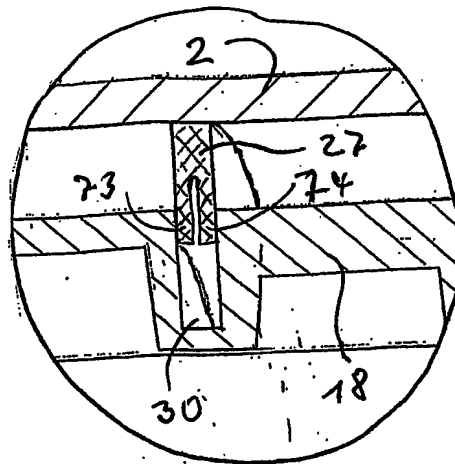




a



b



c

Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**